



# Le démantèlement des réacteurs de recherche à l'IPS

Sophie Harzmann

Séminaire commun de la Commission fédérale pour la  
radioprotection et la Commission fédérale de sécurité  
nucléaire

Bern, 28.3.2025

- Traitement des déchets radioactifs
- Vue d'ensemble des anciens réacteurs de recherche à l'IPS
- Déchets radioactifs issus des réacteurs Saphir et Diorit
- Minimisation des déchets du réacteur de recherche Proteus
- Résumé

# Traitement des déchets radioactifs

- **Obligation d'éliminer** : tous les déchets qui ne peuvent pas être émis dans l'environnement ou acheminés vers un centre de stockage pour décroissance. art. 51 OENu
  - **Exigence concernant l'élimination** : les déchets radioactifs produits en Suisse doivent être éliminés dans le pays (sauf autorisation d'exportation exceptionnelle) art. 25 LRaP
  - **Exigence concernant la minimisation** : les substances radioactives doivent être manipulées de manière à produire le moins possible de déchets radioactifs. art. 25 LRaP, art. 50 OENu
- 
- **Sécurité** : plus les déchets sont nombreux, plus les risques sont élevés lors du traitement et du stockage
  - **Écologie** : l'augmentation du volume des déchets accroît la pollution possible de l'environnement
  - **Éthique** : augmenter les volumes de déchets équivaut à charger plus lourdement les générations futures
  - **Rentabilité** : le traitement, le stockage intermédiaire et le stockage en profondeur engendrent des coûts élevés (p. ex. conteneur en béton de 4,5 m<sup>3</sup> = env. 700 000 à 1 mio de CHF)

- **Conditionnement** : toutes les opérations de préparation des déchets radioactifs en vue de leur stockage intermédiaire et de leur stockage en profondeur, afin d'assurer un état chimiquement stable et apte au stockage :
  - Réduction mécanique (meilleure compacité)
  - Décontamination (séparation des composants actifs et inactifs des déchets)
  - Compactage (réduction du volume des déchets)
  - Incinération (réduction du volume des déchets)
  - Intégration dans des matrices de déchets (sécurité améliorée lors du stockage et du transport)
  - Conditionnement





# Conditionnement à l'Institut Paul Scherrer



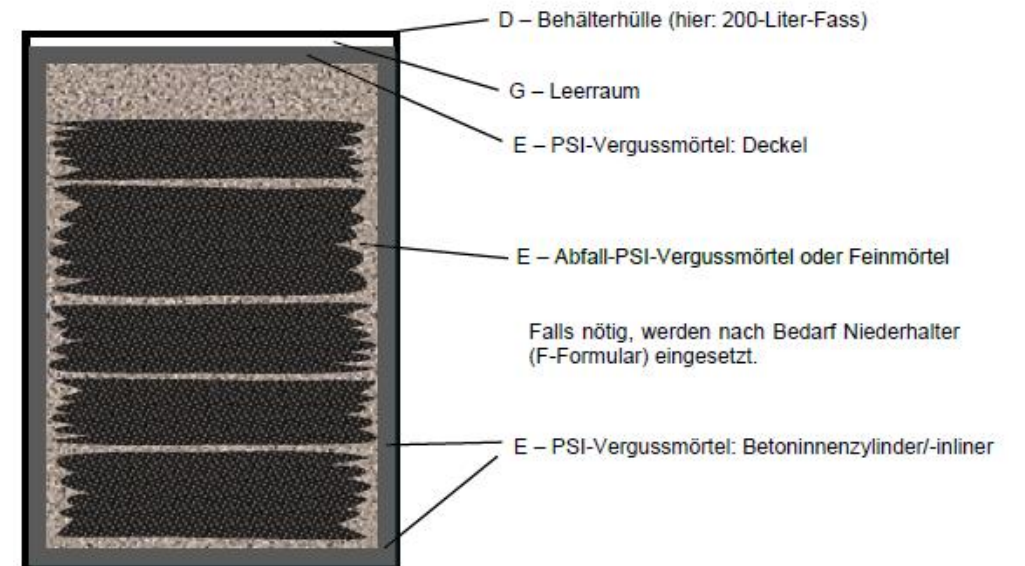
## Décontamination



## Traitement mécanique et triage



## Compactage





# Conditionnement – remplissage avec du mortier



Mortier

Déchets  
(ferraille,  
débris de  
béton)



Conteneur en béton KC-T12



Presse à  
couvercle



Pose du couvercle

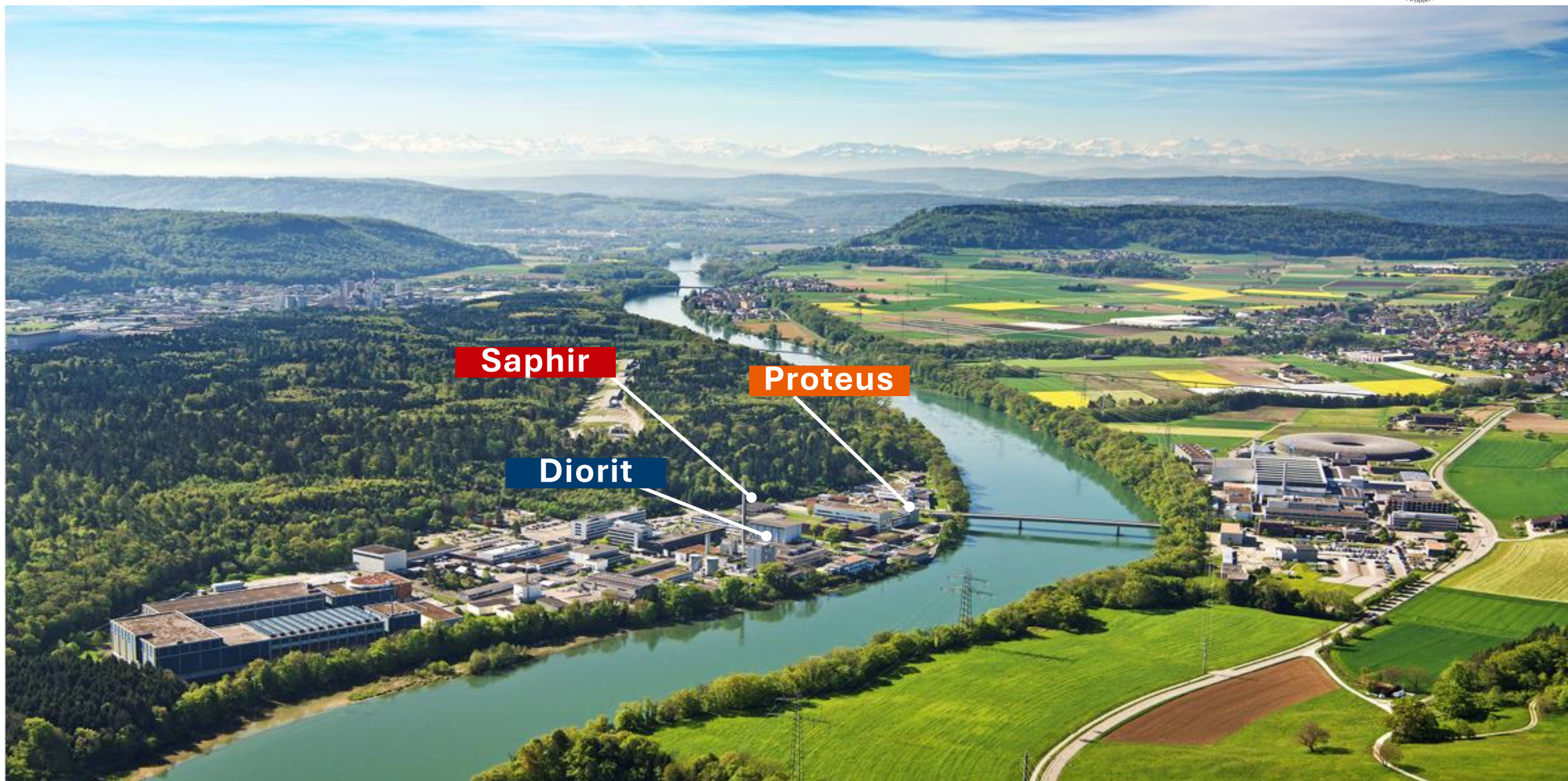


Durcissement

# Vue d'ensemble des anciens réacteurs de recherche à l'IPS



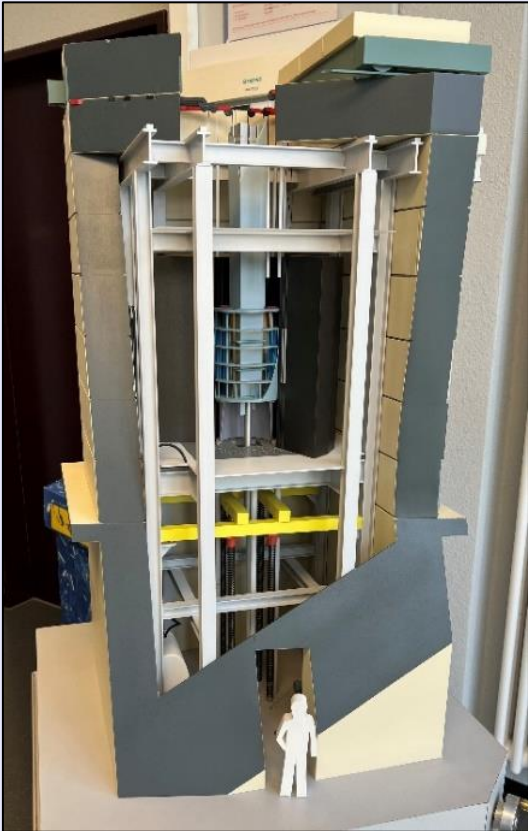
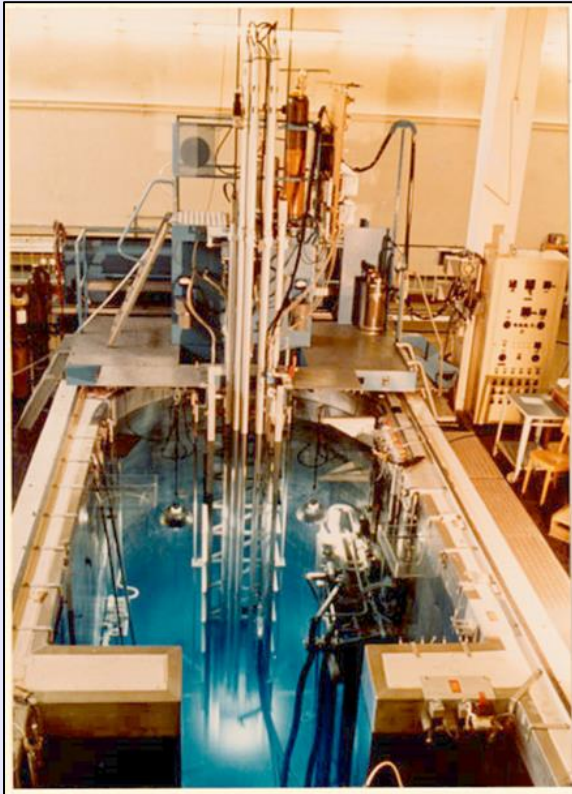

# Vue d'ensemble des anciens réacteurs de recherche à l'IPS





# Anciens réacteurs de recherche à l'IPS

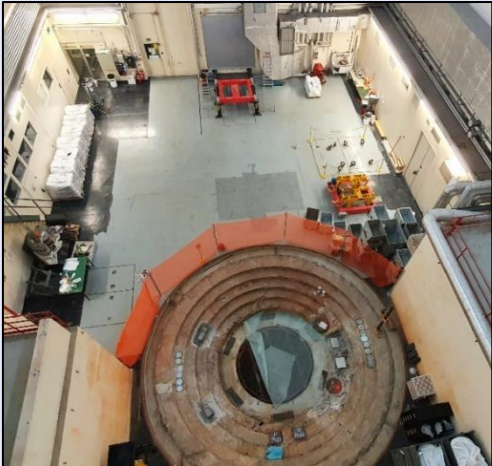


	Proteus	Saphir	Diorit
Période	1968-2011	1957-1993	1960-1977
	 A 3D cutaway model of the Proteus reactor. It shows a tall, rectangular structure with a central vertical column containing a blue cylindrical component. The model is surrounded by various support structures and components, with a small white human figure at the base for scale.	 A photograph of the Saphir reactor. It is a large, complex piece of equipment with a central vertical column and various pipes, valves, and structural elements. The reactor is housed in a room with a blue floor and white walls.	 A photograph and a 3D cutaway model of the Diorit reactor. The photograph shows a large, cylindrical reactor with a spiral staircase on the outside and a control room at the top. The 3D model shows a cross-section of the reactor, revealing the internal components and the surrounding structure.

# Anciens réacteurs de recherche à l'IPS



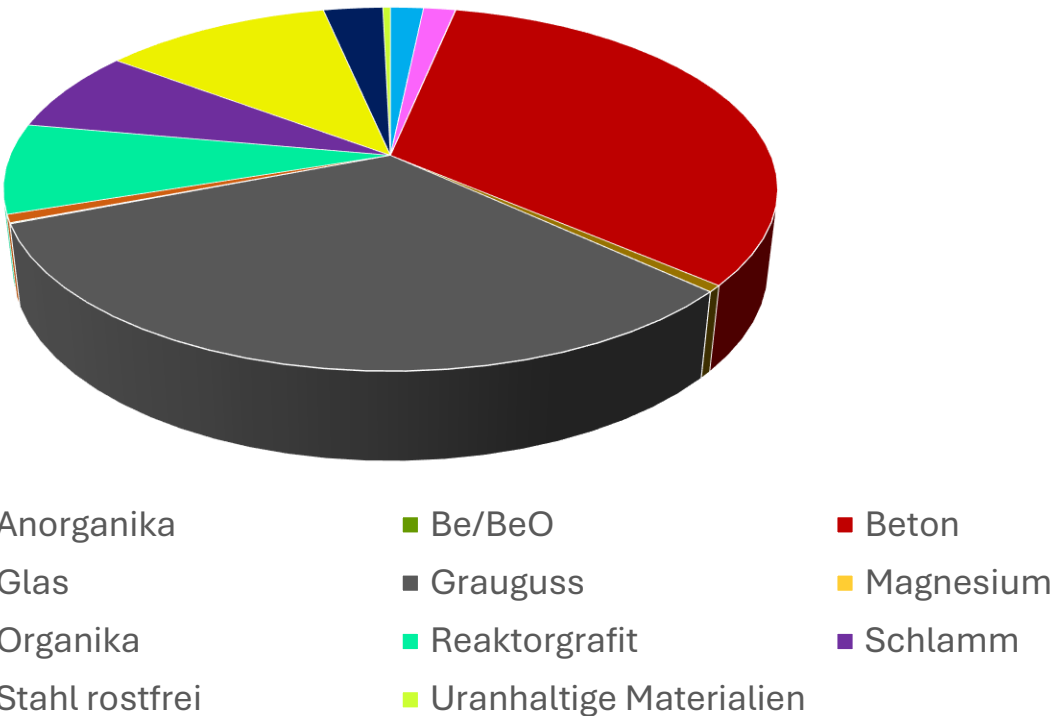
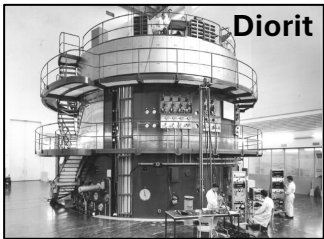
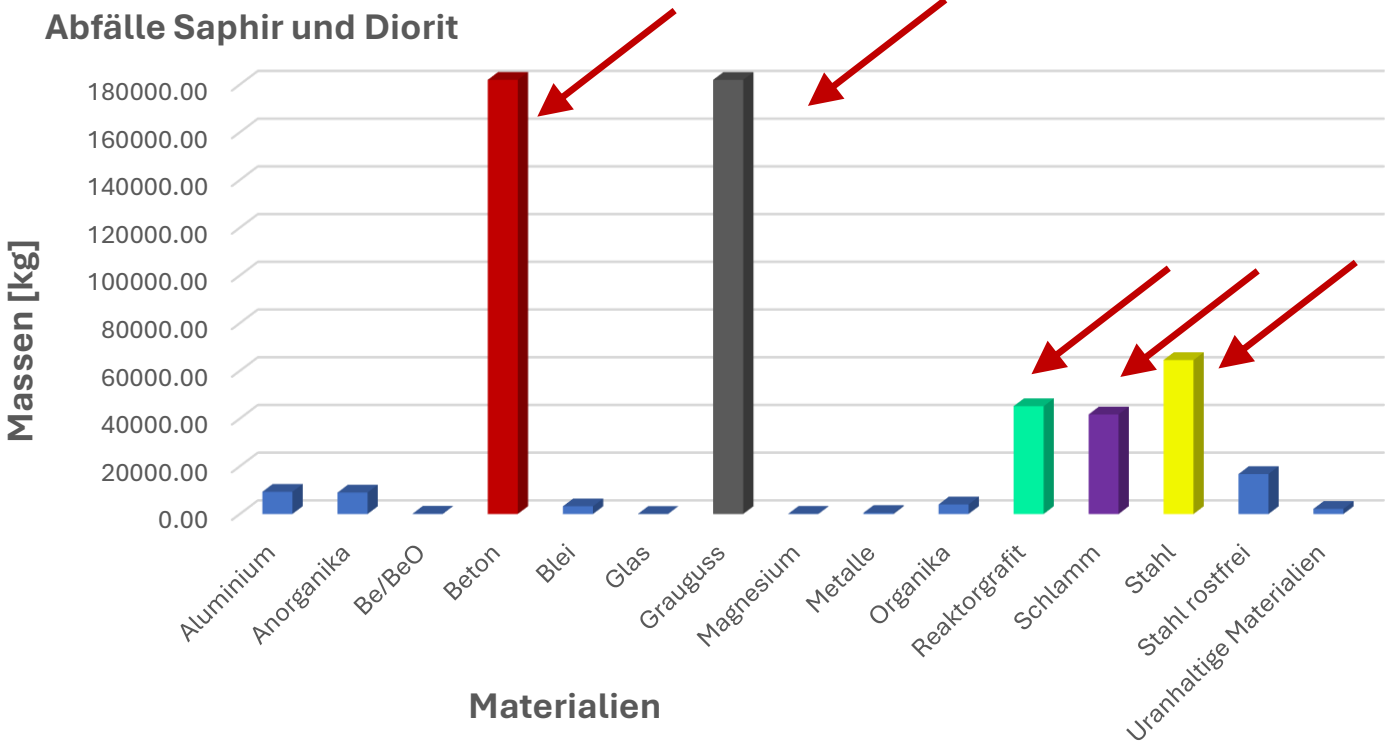
	Proteus	Saphir	Diorit
Période	1968-2011	1957-1993	1960-1977
Type	Réacteur de puissance nulle	Réacteur à eau légère	Réacteur à eau lourde
Puissance	1 kW	1-10 MW	20 MW - 30 MW (dès 1972)
Autorisation de désaffectation	2017	2000	1994
Début démantèlement	2018	2002	1996
Statut actuel	Mesure libératoire des bâtiments en attente	Mesure libératoire des bâtiments presque achevé	Travaux de démontage (structure en béton activée) en attente



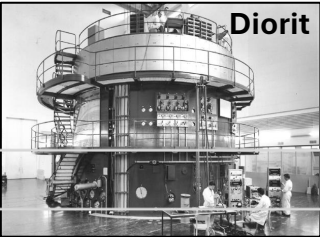
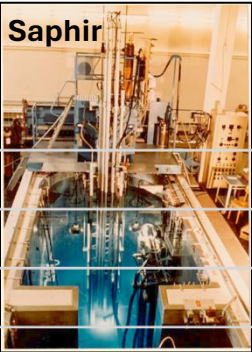


# Déchets radioactifs des réacteurs Saphir et Diorit

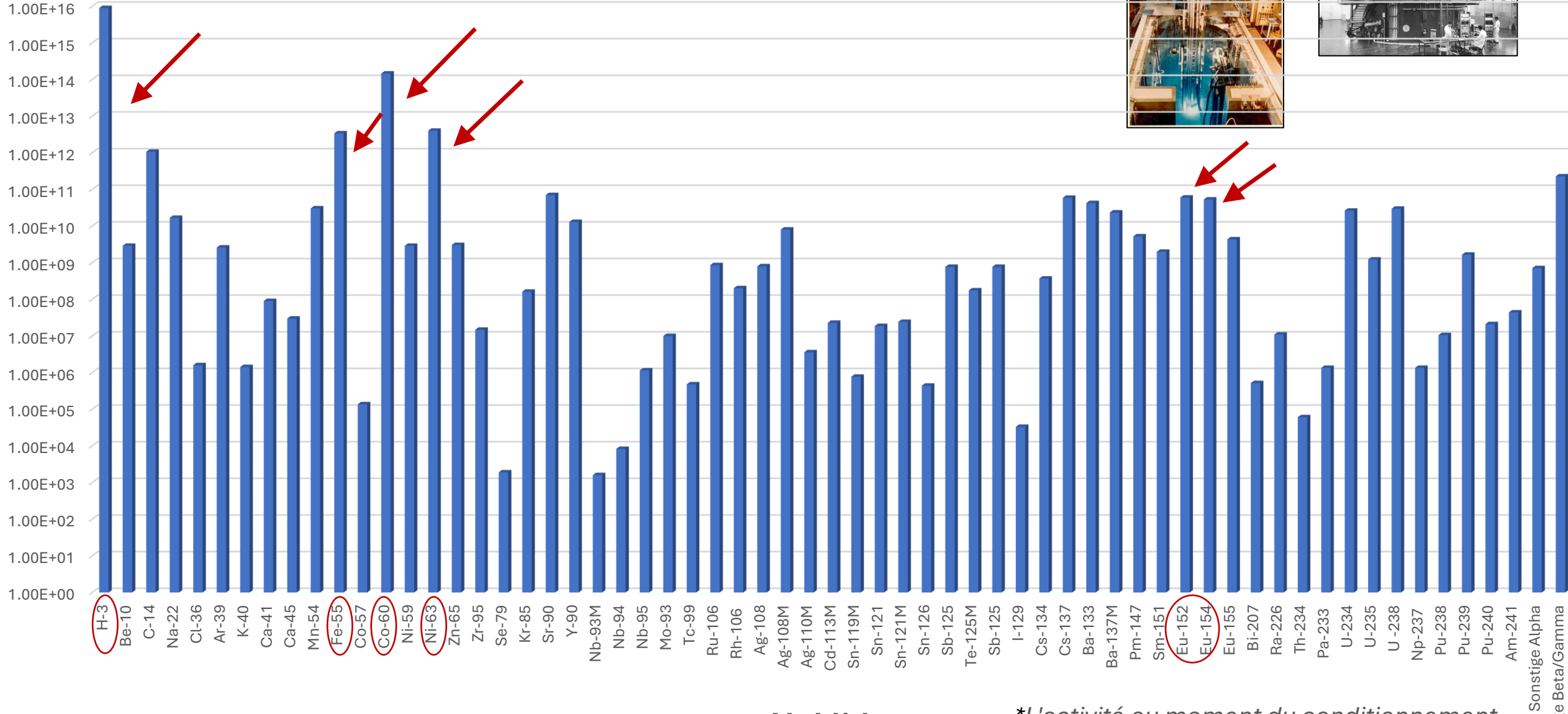
# Déchets radioactifs des réacteurs Saphir et Diorit



# Saphir et Diorit : inventaire des nucléides



Aktivität\* [Bq]

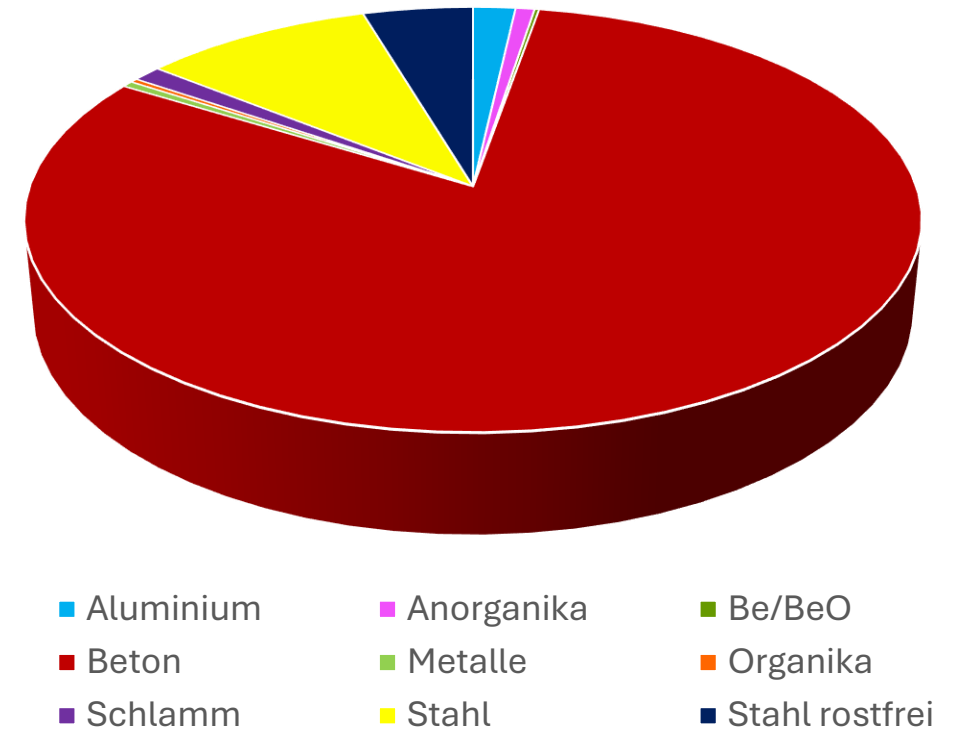
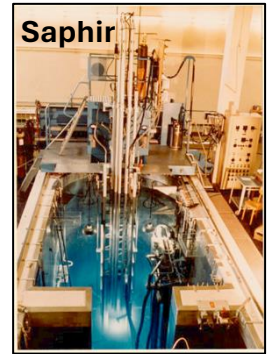
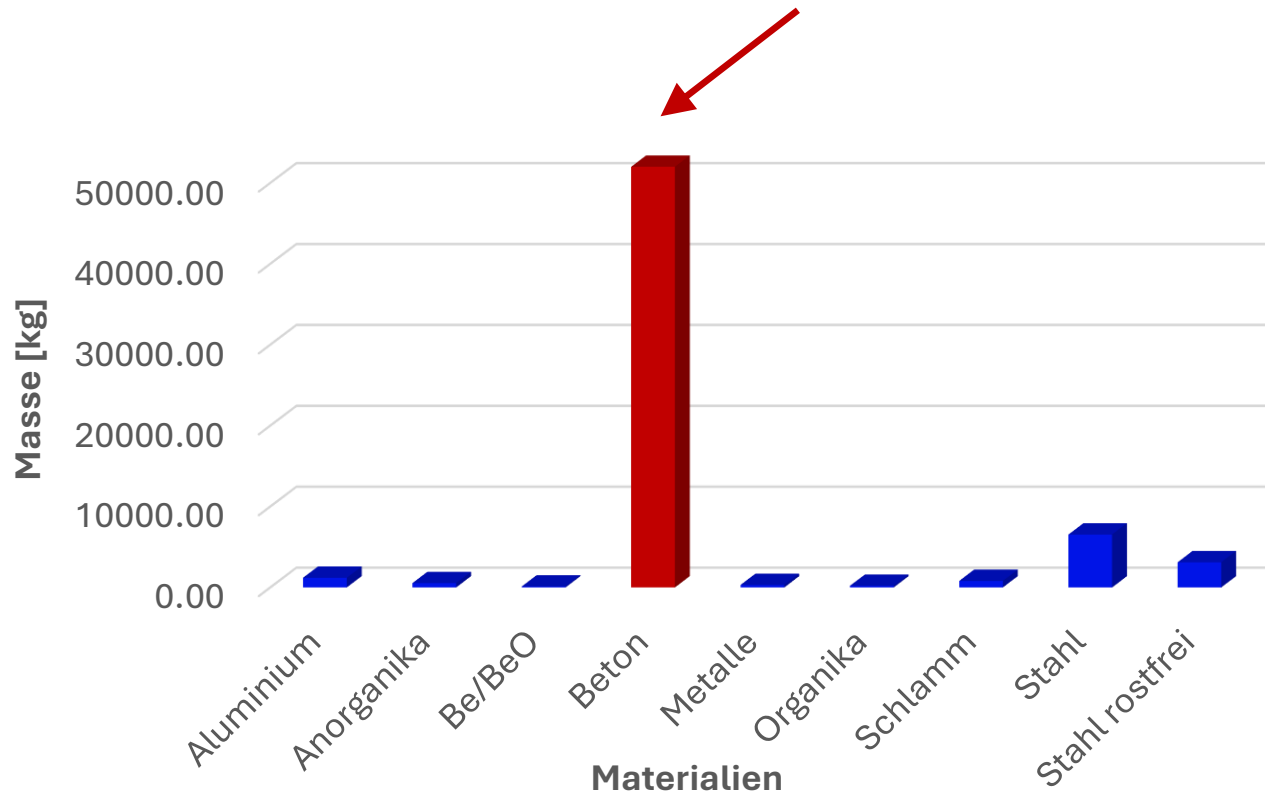


\*L'activité au moment du conditionnement



# Déchets radioactifs du réacteur de recherche Saphir

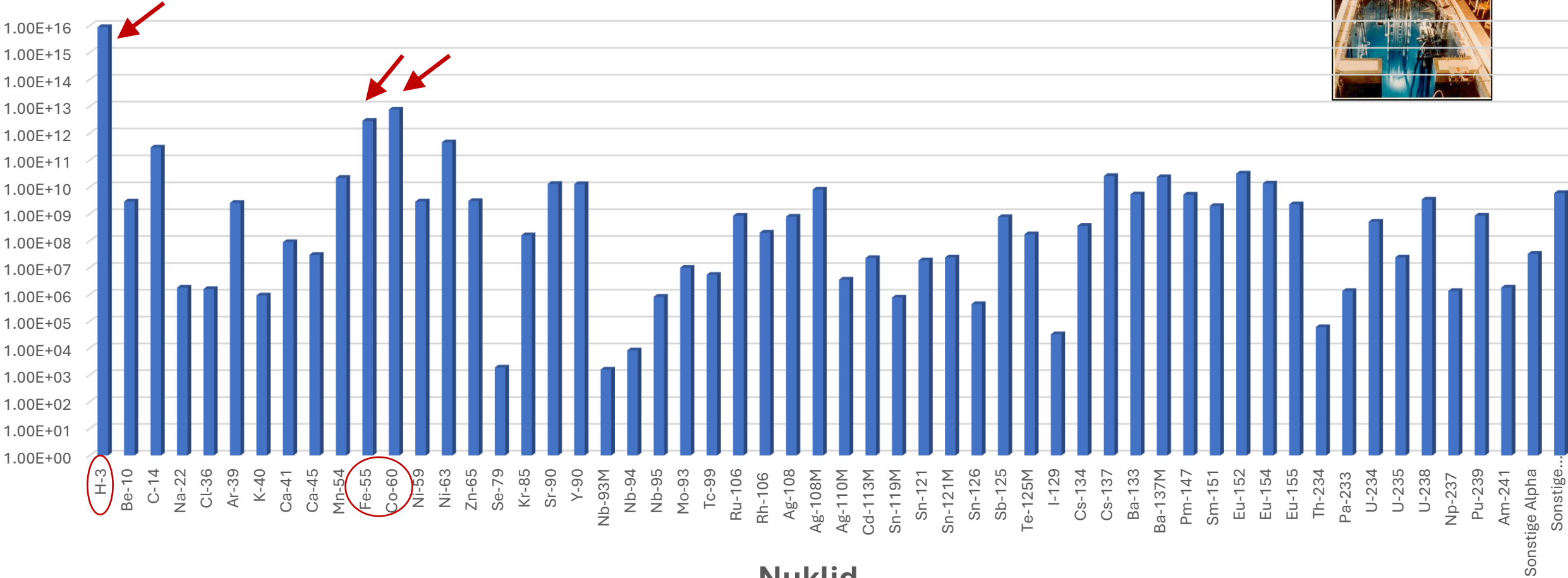
- En tout : env. 68 t de déchets issus de Saphir, dont env. 3 t éliminables (4.5 %)



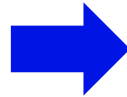
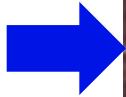
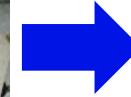
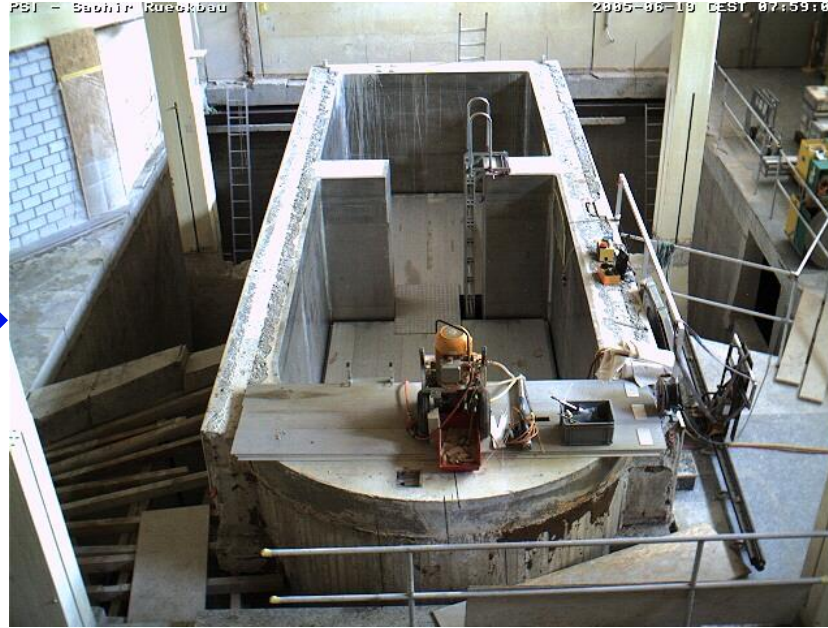
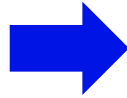
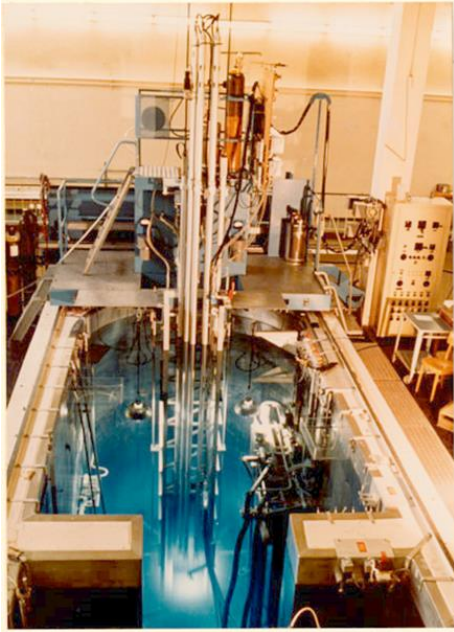
# Déchets radioactifs du réacteur de recherche



Aktivität\*[Bq]



# Déchets de béton provenant de Saphir



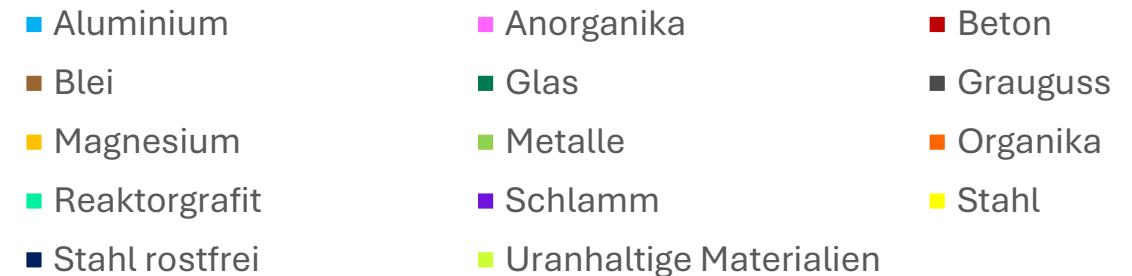
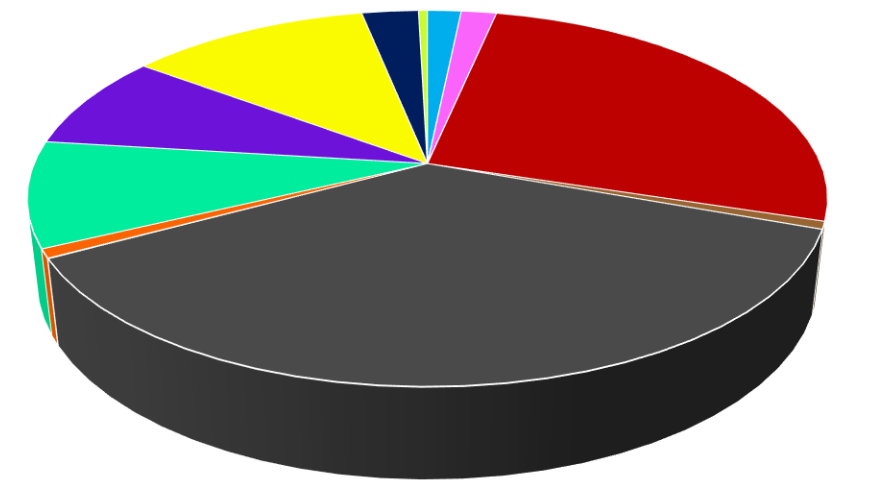
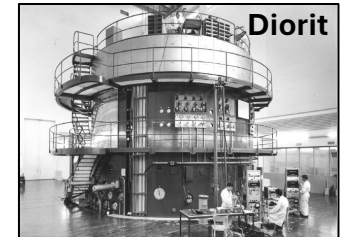
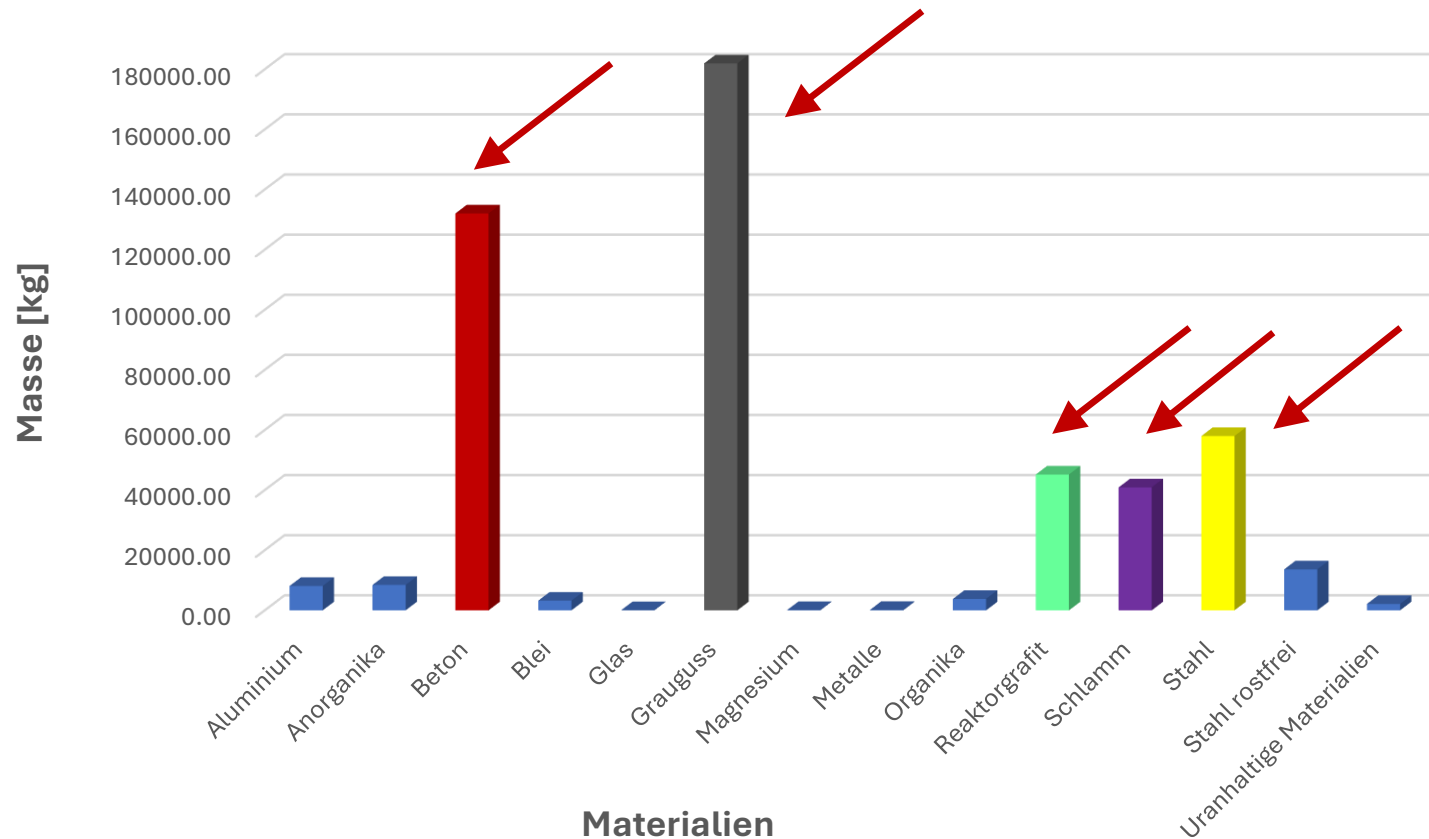
Les principaux nucléides des déchets sont conditionnés dans KC-T12:

H-3, C-14, Eu-152, Eu-154, Ba-133, Co-60

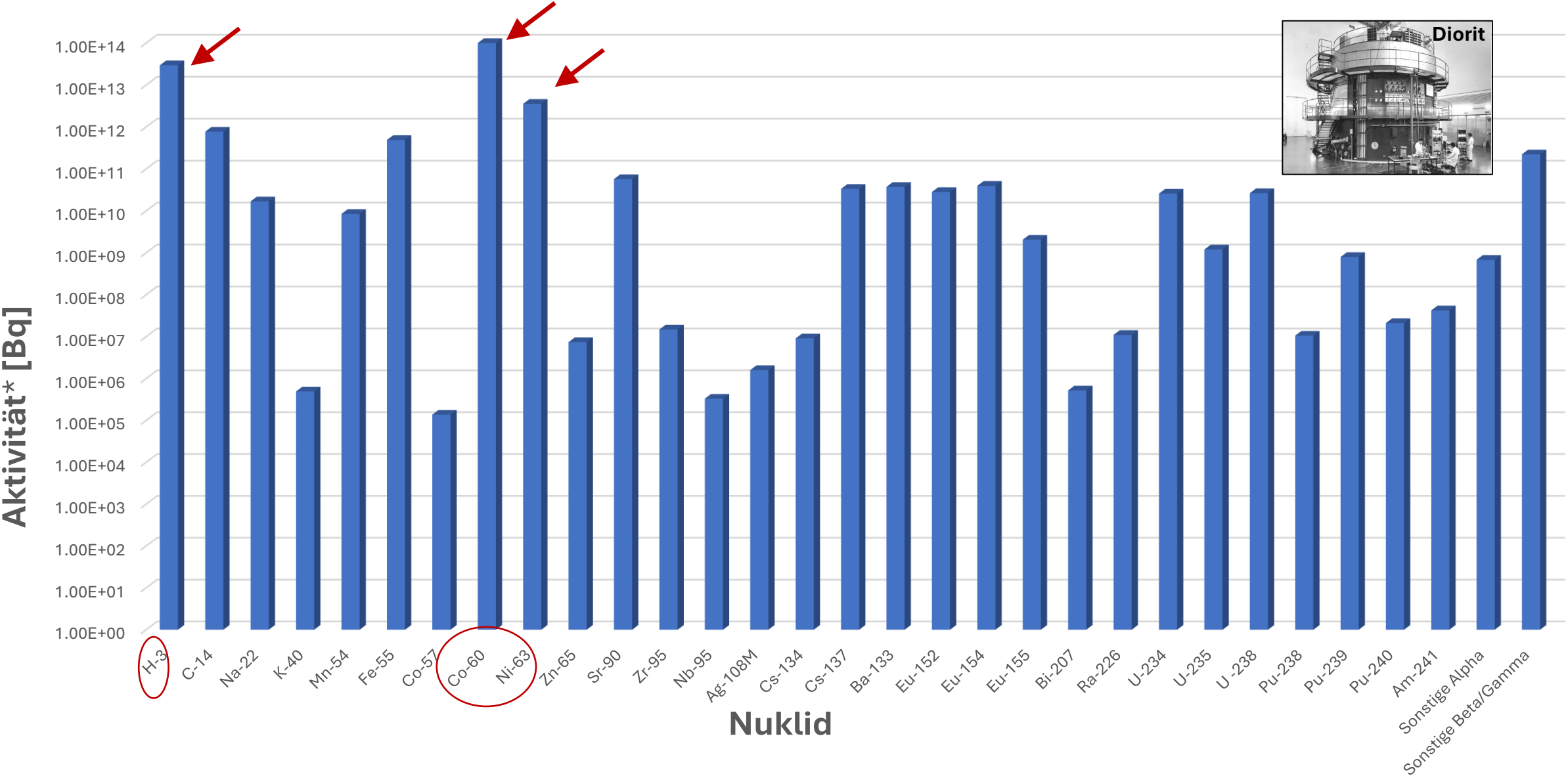


# Déchets radioactifs du réacteur de recherche Diorit

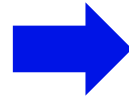
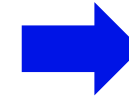
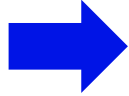
- En tout : env. 570 t de déchets, dont env. 102 t éliminables (18 %)



# Déchets radioactifs du réacteur de recherche Diorit



# Déchets de béton provenant de Diorit

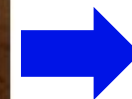
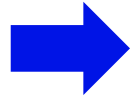


Les principaux nucléides des déchets sont conditionnés dans KC-T12 :

H-3, C-14, Eu-154, Eu-152, Co-60, Ba-133



# Boue provenant de Diorit



- Conteneur KC-T12 (7120 kg) en acier moulé rempli d'une matrice de boue et de mortier (2946 kg)
- Les principaux nucléides des déchets sont conditionnés dans KC-T12: Co-60, Ni-63, Fe-55, Cs-137



# Fonte grise provenant de Diorit

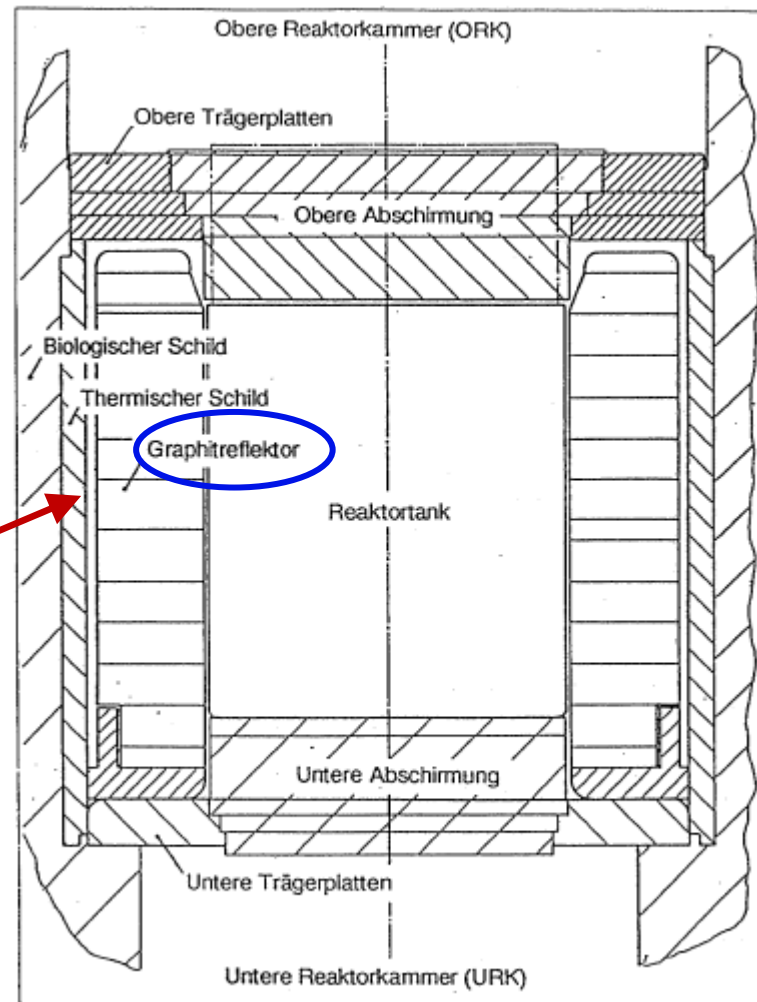


Bild 3: Vereinfachte Darstellung des Diorit 2



Les principaux nucléides des déchets sont conditionnés dans KC-T12 :

Co-60, Ni-63, Fe-55, Cs-137

# Graphite nucléaire provenant de Diorit

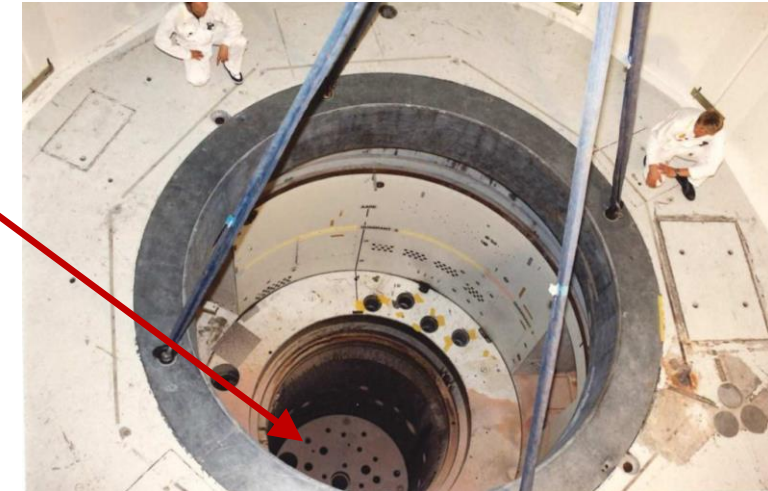
- Graphite : modérateur et réflecteur de neutrons
- Graphite actif provenant de Diorit (env. 41 t) pour le conditionnement

## Procédé de conditionnement :

- Remplissage de conteneurs à béton (4,5 m<sup>3</sup>, volume interne : 2,75 m<sup>3</sup>) avec des matériaux à conditionner
- Remplissage des espaces (restants) avec du mortier inactif
- Après durcissement : recouvrement et stockage dans l'entrepôt fédéral intermédiaire

→ **Grandes quantités de mortier inactif**

→ **Minimisation des déchets** : adaptation de la formule du mortier en remplaçant le sable inactif par du graphite actif (proportion : env. 50 %)

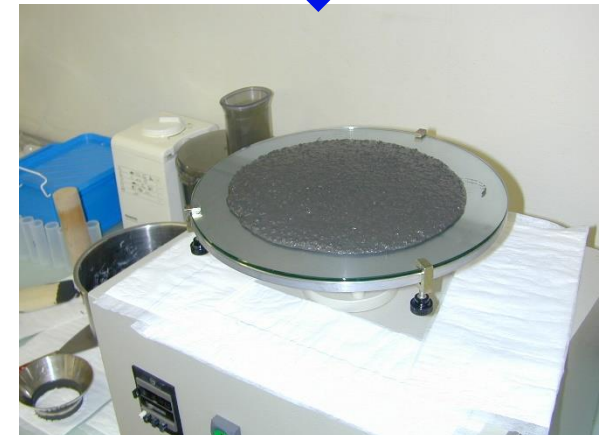
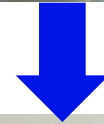


Nucléide	Activité [Bq/g]
H-3	$9.9 \times 10^5$
C-14	$2.6 \times 10^4$
Co-60	$7.0 \times 10^2$
Eu-152	$8.0 \times 10^2$
Eu-154	$1.2 \times 10^3$
Cl-36	$2.2 \times 10^1 - 4.1 \times 10^3$



# Graphite nucléaire provenant de Diorit

- ✓ Broyage du graphite jusqu'à une grosseur de grains de 5 mm
- ✓ Contrôle du produit effectué selon la directive HSK-B05 (précédemment IFSN-B05)  
« conditionnement des déchets radioactifs »)





- En tout, env. 41 t de graphite ont été conditionnés
  - Part moyenne de graphite par conteneur : env. 1 t (0,34 – 1,30 t)
- Un conditionnement conventionnel du graphite aurait engendré env. 58,5 m<sup>3</sup> de déchets en plus

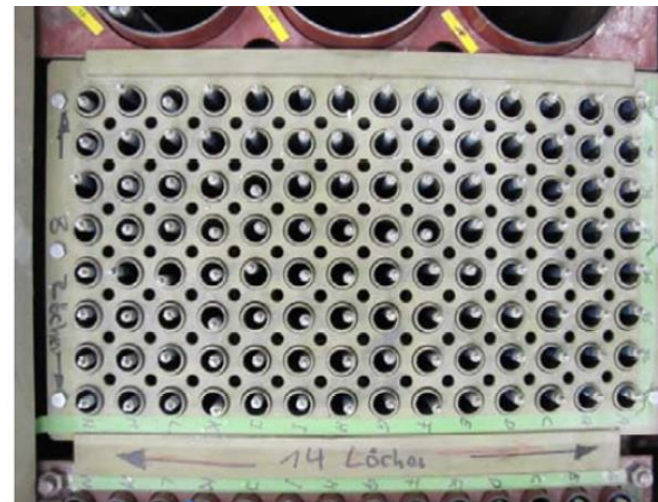
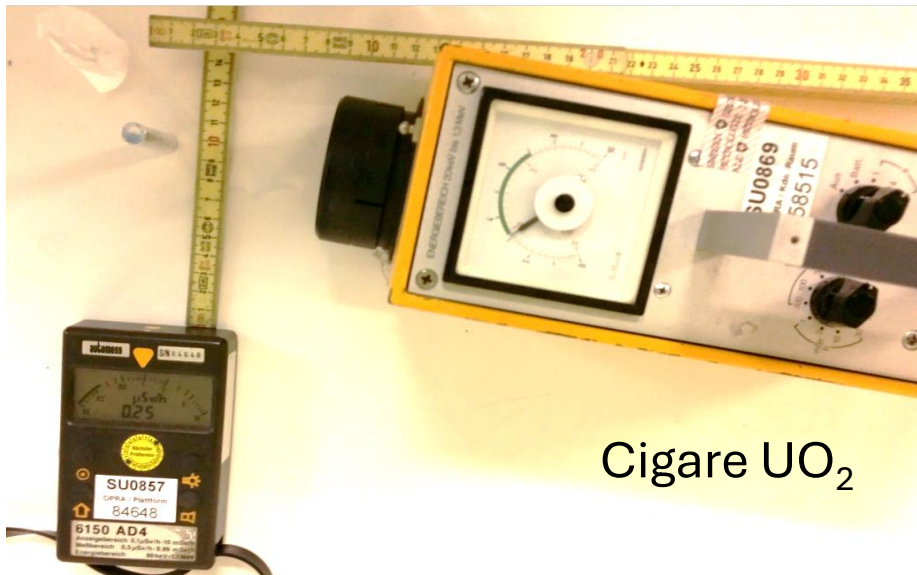


# Minimisation des déchets du réacteur de recherche Proteus

# Combustible nourricier de Proteus

## Barres de combustible nourricières :

- 5 % de pellets enrichis en  $\text{UO}_2$
  - Cigares à combustible : chacun comporte 6 pellets enveloppés dans une fine feuille d'aluminium ( $\epsilon = 10,5 \text{ mm}$  ;  $l = 61 \text{ mm}$ )
  - Barre de combustible : chacune 15 cigares à combustible ( $l = 1026 \text{ mm}$ )
- Masse totale d' $\text{UO}_2 = 384 \text{ kg} = 8128 \text{ cigares}$



Treiberstäbe (ca. 0.4 t angereichertes Uran)



Gesamtansicht des Lagers; gemessen 70  $\mu\text{Sv/h}$

## Élimination à l'IPS :

- Voie d'élimination possible dans le fût de 200 l (« type Uran »)
  - Respect obligatoire de la transportabilité en tant que type A
  - Possibilité d'éliminer jusqu'à 36,8 cigares (= **1,7 kg**) par fût → **221 fûts**

→ **Recyclage à l'étranger** visé (*peaceful use*)



# Résumé

- Déchets radioactifs des anciens réacteurs de recherche, principalement de **Saphir et Diorit** :
  - **Volumes** différents : Saphir (env. 68 t) / Diorit (env. 570 t)
  - **Compositions** différentes : Saphir (béton) / Diorit (béton, fonte grise, acier, boue, carbone de réacteur)
- Moyens de **minimiser les déchets** :
  - Utilisation de graphite activé pour la formulation de la composition du mortier
  - Recyclage du combustible nourricier à l'étranger (*peaceful use*).

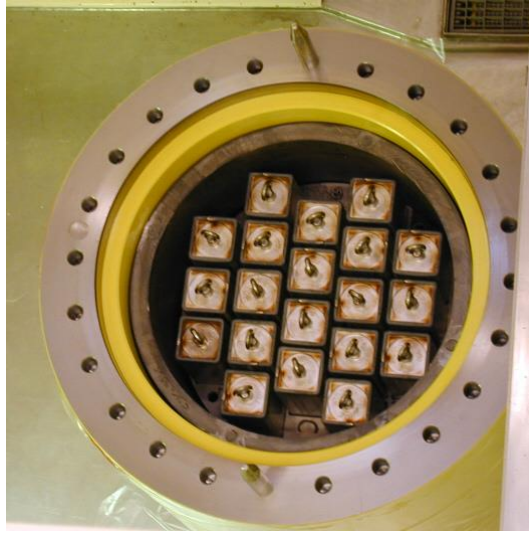
# Merci de votre attention !





# Photos - Saphir

Récipients en mosaïque  
avec éléments réflecteurs Be/BeO



Conteneur X-00576  
5130 kg de béton baryté

